



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 34 149.4

**Anmeldetag:** 26. Juli 2002

**Anmelder/Inhaber:** Siemens Aktiengesellschaft,  
80333 München/DE

**Bezeichnung:** Empfang von Datentelegrammen in  
Kommunikationssystemen mit redundanten  
Netzwerkpfaden

**Priorität:** 26.09.2001 DE 101 47 428.8

**IPC:** H 04 L 1/22

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 05. Februar 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident

Im Auftrag

Faust

## Beschreibung

Empfang von Datentelegrammen in Kommunikationssystemen mit redundanten Netzwerkpfaden

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Empfang von Datentelegrammen in Kommunikationssystemen mit redundanten Netzwerkpfaden.

- 10 Datennetze werden aus vernetzten Datennetzknotten gebildet und ermöglichen die Kommunikation zwischen mehreren Teilnehmern. Kommunikation bedeutet dabei die Übertragung von Daten zwischen den Teilnehmern. Die zu übertragenden Daten werden dabei als Datentelegramme verschickt, das heißt, die Daten werden zu einem oder mehreren Paketen zusammengepackt und in dieser Form über das Datennetz an den entsprechenden Empfänger gesendet. Man spricht deshalb auch von Datenpaketen. Der Begriff Übertragung von Daten wird dabei im Weiteren synonym zur oben erwähnten Übertragung von Datentelegrammen oder Datenpaketen verwendet.
- 15
- 20

Zur Vernetzung werden beispielsweise bei schaltbaren Hochleistungsdatennetzen, insbesondere Ethernet, die Teilnehmer untereinander über Koppelknotten verbunden. Jeder Koppelknoten kann mit mehr als zwei Teilnehmern verbunden sein und auch selbst Teilnehmer sein. Teilnehmer sind beispielsweise Computer, speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) oder andere Maschinen, die elektronische Daten mit anderen Maschinen austauschen, insbesondere verarbeiten.

30

- In verteilten Automatisierungssystemen, beispielsweise im Bereich Antriebstechnik, müssen bestimmte Daten zu bestimmten Zeiten bei bestimmten Teilnehmern eintreffen und von den Empfängern verarbeitet werden. Man spricht dabei von echtzeitkritischen Daten bzw. echtzeitkritischem Datenverkehr, da ein nicht rechtzeitiges Eintreffen der Daten am Bestimmungsort zu unerwünschten Resultaten beim Teilnehmer führt.
- 35

Ebenso ist aus dem Stand der Technik die Verwendung eines synchronen, getakteten Kommunikationssystems mit Äquidistanzeigenschaften (isochrones Kommunikationssystem) in einem Automatisierungssystem bekannt. Hierunter versteht man ein System aus wenigstens zwei Teilnehmern, die über ein Datennetz zum Zweck des gegenseitigen Austausches von Daten bzw. der gegenseitigen Übertragung von Daten miteinander verbunden sind. Dabei erfolgt der Datenaustausch zyklisch in äquidistanten Kommunikationszyklen (Isochronzyklen), die durch den vom System verwendeten Kommunikationstakt vorgegeben werden. Teilnehmer sind beispielsweise zentrale Automatisierungsgeräte, z. B. speicherprogrammierbare Steuerungen (-SPS, Bewegungssteuerungen-) oder andere Kontrolleinheiten, Computer, oder Maschinen, die elektronische Daten mit anderen Maschinen austauschen, insbesondere Daten von anderen Maschinen verarbeiten, und Peripheriegeräte wie z.B. Ein-/ Ausgabe-Baugruppen, Antriebe, Aktoren, Sensoren. Unter Kontrolleinheiten werden im folgenden Regler- oder Steuerungseinheiten jeglicher Art verstanden. Zur Datenübertragung werden beispielsweise Kommunikationssysteme wie z.B. Feldbus, Profibus, Ethernet, Industrial Ethernet, FireWire oder auch PC-interne Bussysteme (PCI), etc. verwendet.

Bei der Echtzeitkommunikation handelt es sich um eine geplante Kommunikation. Datentelegramme werden dabei von einem Teilnehmer zu einem fest vorgegebenen Sendezeitpunkt über vorgegebene Ports weitergeleitet. Ein Empfangsknoten erwartet ebenfalls Echtzeitdatenpakete zu einem bestimmten Zeitpunkt an einem bestimmten Port. Durch die Planung der isochronen Echtzeitkommunikation ist deshalb der Pfad, den das Echtzeittelegramm im Netzwerk nimmt, genau festgelegt. Während eines Kommunikationszyklus wird das komplette Peripherieabbild in einem Knoten ausgetauscht. Das Peripherieabbild umfasst alle echtzeitkritischen Daten, welche von einem Teilnehmer versandt, empfangen und in einem bestimmten Adressbereich eines Speichers abgelegt werden. Der gesamte Adressbereich wird während eines Zyklus überschrieben.

Automatisierungskomponenten (z.B. Steuerungen, Antriebe,...) verfügen heute oftmals über eine Schnittstelle zu einem zyklisch getakteten Kommunikationssystem. Eine Ablaufebene der Automatisierungskomponente (Fast-cycle) (z.B. Lageregelung in einer Steuerung, Drehzahl- und Drehmomentregelung eines Antriebs) ist auf den Kommunikationszyklus synchronisiert. Dadurch wird der Kommunikationstakt festgelegt. Andere, niederperformante Algorithmen (Slow-cycle) (z.B. Temperaturregelungen) der Automatisierungskomponente können ebenfalls nur über diesen Kommunikationstakt mit anderen Komponenten (z.B. Binärschalter für Lüfter, Pumpen,...) kommunizieren, obwohl ein langsamerer Zyklus ausreichend wäre. Durch Verwendung nur eines Kommunikationstaktes zur Übertragung von allen Informationen im System entstehen hohe Anforderungen an die Bandbreite der Übertragungsstrecke.

Bei der Echtzeitkommunikation in einem isochronen Real-Time-Fast-Ethernet (IRTE) gibt es im Isochronzyklus einen IRT-Zeitbereich (IRT-Z.) und einen NRT-Zeitbereich (NRT-Z., Non Real-Time). Im IRT-Zeitbereich findet der zyklische Austausch von Echtzeitdaten statt, während im NRT-Zeitbereich über Standard-Ethernet-Kommunikation kommuniziert wird. Der NRT-Zeitbereich ist besonders geeignet zur Übertragung von Daten von niederperformanten Algorithmen. Diese müssen dann nicht während eines jeden Isochronzyklus übertragen werden. Der Datenverkehr kann somit verringert werden. Ein solches Datennetz ist aus der DE 100 58 524 bekannt.

Bei der Standard-Ethernet-Kommunikation dürfen Datennetze jedoch redundante Netzwerkpfade bzw. geschlossenen Ringe aufweisen. Diese müssen an einer Stelle aufgebrochen sein, beispielsweise mit Hilfe des Spanning-Tree-Algorithmus, da sonst kreisende Datentelegramme auftreten können. Dabei bleibt die Topologie erhalten, jedoch werden ein Sendeport und ein Empfangsport zweier benachbarter Knoten abgeschaltet, um einen redundanten Netzwerkpfad zu eliminieren.

Die Figur 1 zeigt drei aufeinanderfolgende Isochronzyklen bei der Echtzeitkommunikation in einem isochronem Real-Time-Fast-Ethernet (IRTE). Ein entsprechendes Kommunikationssystem ist aus der DE 100 58 524 bekannt. Die Isochronzyklen mit den Zyklusnummern 0, 1 und 2 haben die gleiche Länge. In jedem Isochronzyklus schließt sich an einen IRT-Zeitbereich ein NRT-Zeitbereich an. Die Länge des NRT-Zeitbereichs ist durch die Länge des gesamten Isochronzyklus abzüglich des IRT-Zeitbereichs gegeben.

Übertragungsfehler, die während der Weiterleitung von Datentelegrammen auftreten, können zu ungültigen oder nichtempfangenen Datentelegrammen führen. Die Datentelegramme stehen dann zur Vervollständigung des Peripherieabbilds nicht zur Verfügung. Das Peripherieabbild in einem Knoten ist dann inkonsistent und nicht verwendbar.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, ein verbessertes System zur Echtzeitkommunikation, insbesondere dem isochronen Real-Time-Fast-Ethernet, zu schaffen.

Die der Erfindung zu Grunde liegende Aufgabe wird mit einem Verfahren mit den Merkmalen des unabhängigen Patentanspruchs 1 gelöst. Bevorzugte Ausführungsformen sind in den abhängigen Patentansprüchen 2 bis 7 angegeben.

Im erfindungsgemäßen Verfahren werden identische, echtzeitkritische Datentelegramme, die anhand ihrer Kennung erkannt werden können, während der geplanten Echtzeitkommunikation über disjunkte Netzwerkpfade zu einem Knoten gesendet. Zumindest einer der Netzwerkpfade ist also redundant, und das Netzwerk weist zumindest einen geschlossenen Ring auf. Die gesamten zu empfangenden Daten des Peripherieabbilds können dann zweimal oder auch mehrmals von einem Knoten empfangen werden. Wird die Übertragung auf einem Netzwerkpfad gestört, so können gültige Datentelegramme noch immer auf einem alternativen Netzwerkpfad empfangen werden.

Das Kommunikationssystem wird dadurch störungs- und betriebs-sicher. Es kann vorteilhaft in Automatisierungssystemen, insbesondere bei Verpackungsmaschinen, Pressen, Kunststoff-spritzmaschinen, Textilmaschinen, Druckmaschinen, Werkzeugma-  
5 schinen, Robotern, Handlingsystemen, Holzverarbeitungsma-schinen, Glasverarbeitungsmaschinen, Keramikverarbeitungsma-schinen sowie Hebezeugen eingesetzt bzw. verwendet werden.

Beim Empfang eines ersten echtzeitkritischen Datentelegramms,  
10 bei einem Knoten mit einer Anwendung zu einem Timer-Wert, werden dessen Nutzdaten in dem, der Kennung zugeordneten Ad-ressbereich eines Speichers abgespeichert. Daraufhin wird ein zweites, echtzeitkritisches Datentelegramm mit der Kennung des ersten Datentelegramms an einem zweiten Empfangsport des  
15 Knotens empfangen. Der erste und zweite Empfangsport können hierbei auch identisch sein.

In einer Weitergestaltung der Erfindung wird als Timer-Wert die Zyklusnummer des Zyklus verwendet, zu dem ein Datentele-  
20 gramm empfangen wird.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung werden die Nutzdaten und der gespeicherte Timer-Wert des ersten Datentele-  
25 gramms mit den Nutzdaten und dem Timer-Wert des zweiten Da-tentelegramms überschrieben, falls erster und zweiter Timer-Wert nicht identisch sind.

In einer weiteren, bevorzugten Ausführungsform der Erfindung werden die Nutzdaten und der Timer-Wert des ersten Datentele-  
30 gramms nur dann überschrieben, wenn das zweite Datentelegramm gültig ist.

In einer besonderen Ausführungsform der Erfindung kann das erste Datentelegramm ungültig sein. Die Nutzdaten und der Ti-  
35 mer-Wert eines ersten, ungültigen Datentelegramms sollen mit den Nutzdaten und dem zweiten Timer-Wert eines zweiten, gül-

tigen Datentelegramms auch dann überschrieben werden, wenn beide Datentelegramme identische Timer-Werte haben.

Im Folgenden werden bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung mit Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

- Figur 1 ein Zeitdiagramm der Echtzeitkommunikation in einem IRTE,
- 10 Figur 2 ein Organisationsdiagramm eines Datennetzes zur Echtzeitkommunikation mit redundanten Netzwerkpfaden,
- Figur 3 ein Blockdiagramm eines erfindungsgemäßen Knoten,
- Figur 4 ein Flussdiagramm eines erfindungsgemäßen Verfahrens zum Empfang von Datentelegrammen.
- 15

Figur 2 zeigt ein Datennetz zur Echtzeitkommunikation mit redundanten Netzwerkpfaden. Der Knoten 3 kann beispielsweise Datentelegramme vom Knoten 4 über den Knoten 5, über den Knoten 6 oder über die Knoten 6, 7 und 8 empfangen. Zwei dieser Netzwerkpfade sind also redundant. Die redundanten Netzwerkpfade sind im Datennetz integriert, um das erfindungsgemäße Verfahren zum Empfang von Datentelegrammen zu ermöglichen. Vorzugsweise werden durch die redundanten Netzwerkpfade gebildete Ringe für den NRT-Teil eines Zyklus mit Hilfe des Spanning-Tree Algorithmus aufgebrochen, damit keine kreisenden Datentelegramme auftreten.

Figur 3 zeigt einen erfindungsgemäßen Knoten. Der erfindungsgemäße Knoten hat die Empfangsport 10 und 11. Die Nutzdaten des Datentelegramms DT A, welches zuvor am Empfangsport 10 empfangen wurde, sind in einem bestimmten Adressbereich des Speichers 12 gespeichert. Der Adressbereich ist durch die Kennung des Datentelegramms DT A bestimmt, bzw. der Kennung ist ein solcher Adressbereich zugeordnet. Die Anwendung 13 des Knotens kann auf die Daten im Speicher 12 zugreifen. Der Knoten weist den Timer 14 auf, welcher mit den Timern weite-

rer Knoten des Datennetzes synchronisiert ist. Über den Empfangsport 11 wurde ein weiteres Datentelegramm DT B empfangen, welches die gleiche Kennung besitzt wie das Datentelegramm DT A.

5

Die Arbeitsweise des erfindungsgemäßen Knotens ist in dem Flussdiagramm aus Figur 4 erläutert.

10 Zunächst wird das gültige Datentelegramm DT A empfangen (Schritt 15). Dessen Nutzdaten und dessen zugeordneter Timer-Wert werden daraufhin gespeichert (Schritt 16).

15 Dann wird ein weiteres, gültiges Datentelegramm DT B empfangen (Schritt 17).

Sind die, den Datentelegrammen DT A und DT B zugeordneten Timer-Werte nicht identisch (Schritt 18), werden die Nutzdaten des Datentelegramms DT A und der dem Datentelegramm DT A zugeordnete Timer-Wert ersetzt (Schritt 19).

20

Der Timerwert wird vorzugsweise durch einen Zykluszähler gebildet, d.h. der Timerwert ist gleich der aktuellen Zyklusnummer. Der Schritt 19 wird dann ausgeführt, wenn das Datentelegramm DT A in dem aktuellen Zyklus nicht empfangen worden ist, da eine Störung auf dem entsprechenden Übertragungspfad aufgetreten ist. Wenn das Datentelegramm DT B empfangen wird, stehen noch die Nutzdaten aus dem vorherigen Zyklus in dem Speicher, die dann durch die aktuellen Nutzdaten ersetzt werden.

30

Sind die Timer-Werte der Datentelegramme DT A und DT B identisch, so ist es nicht notwendig die Nutzdaten des Datentelegramms DT A durch die des Datentelegramms DT B zu ersetzen (Schritt 20).

35 Zusammengefasst betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Empfang von Datentelegrammen in Kommunikationssystemen mit redundanten Netzwerkpfaden. Die Empfangsdaten des Peripherieab-



bilds werden zu einem Knoten auf mindestens zwei unterschiedlichen Netzwerkpfeilen geleitet. Dadurch kann in einem Speicher (13) des Knotens selbst dann ein konsistentes Peripherieabbild gespeichert werden, wenn die Datenübertragung auf  
5 einem Netzwerkpfeil gestört ist.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Empfang von, durch Kennungen gekennzeichneten Datentelegrammen in einem Datennetz zur Echtzeitkommunikation, wobei ein Knoten mindestens einen ersten (10) und einen zweiten (11) Empfangsport aufweist, und wobei das Datennetz zumindest einen redundanten Netzwerkpfad aufweist, mit folgenden Schritten:
- Empfang (15) eines ersten Datentelegramms mit einer Kennung an dem ersten Empfangsport zu einem ersten Timer-Wert;
  - Speicherung (16) der Nutzdaten des ersten Datentelegramms im der Kennung zugeordneten Adressbereich in einem Speicher des Knotens und Speicherung des ersten Timer-Werts;
  - Empfang (17) eines zweiten Datentelegramms mit der Kennung des ersten Datentelegramms an dem zweiten Empfangsport zu einem zweiten Timer-Wert.
2. Verfahren nach Anspruch 1 mit dem folgenden, weiteren Schritt für den Fall, dass der erste und zweite Timer-Wert identisch sind, die Nutzdaten des ersten Datentelegramms nicht gültig und die Nutzdaten des zweiten Datentelegramms gültig sind: Überschreiben (19) des, der Kennung zugeordneten Adressbereichs mit den Nutzdaten des zweiten Datentelegramms.
3. Verfahren nach Anspruch 1 mit dem folgenden, weiteren Schritt für den Fall, dass der erste und zweite Timer-Wert nicht identisch sind: Überschreiben (18) des, der Kennung zugeordneten Adressbereichs und des gespeicherten Timer-Werts von dem ersten Datentelegramm mit den Nutzdaten und dem zweiten Timer-Wert des zweiten Datentelegramms.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 3, wobei der Adressbereich, welcher Datentelegrammen mit einer Kennung zuge-

ordnet ist, nur dann mit den Nutzdaten eines Datentelegramms beschrieben wird, falls das Datentelegramm mit der Kennung gültig ist.

- 5 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei zusätzlich zu den echtzeitkritischen Daten auch nichtechtzeitkritische Daten empfangen werden können.
- 10 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der Timer-Wert, zu dem ein Datentelegramm empfangen wird, der Zyklusnummer des Zyklus entspricht, während dessen ein Datentelegramm empfangen wird.
- 15 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei nur die Nutzdaten von gültigen Datentelegrammen in dem der Kennung zugeordneten Adressbereich im Speicher (12) eines Knotens gespeichert werden.
- 20 8. Knoten mit einer Anwendung (13) in einem Datennetz zur Echtzeitkommunikation mit mindestens einem redundanten Netzwerkpfad und:
  - Mitteln (10) zum Empfang eines ersten Datentelegramms mit einer Kennung an dem ersten Empfangsport zu einem ersten Timer-Wert;
  - Mitteln (12) zur Speicherung der Nutzdaten des ersten Datentelegramms im, der Kennung zugeordneten Adressbereich in einem Speicher des Knotens und zur Speicherung des ersten Timer-Werts;
  - Mitteln (11) zum Empfang eines zweiten Datentelegramms mit der Kennung des ersten Datentelegramms an dem zweiten Empfangsport zu einem zweiten Timer-Wert.
- 30 9. Knoten nach Anspruch 8 mit Mitteln zum Überschreiben des, der Kennung zugeordneten Adressbereichs und des gespeicherten Timer-Werts von dem ersten Datentelegramm mit den Nutzdaten und dem zweiten Timer-Wert des zweiten Datentelegramms.
- 35

10. Datennetz zur Echtzeitkommunikation mit mindestens einem redundanten Netzwerkpfad und mehreren Knoten, wobei mindestens ein Knoten mit Anwendung (13) folgende Mittel aufweist:

- Mittel (10) zum Empfang eines ersten Datentelegramms mit einer Kennung an dem ersten Empfangsport zu einem ersten Timer-Wert;
- Mittel (12) zur Speicherung der Nutzdaten des ersten Datentelegramms im, der Kennung zugeordneten Adressbereich in einem Speicher des Knotens und zur Speicherung des ersten Timer-Werts;
- Mittel (11) zum Empfang eines zweiten Datentelegramms mit der Kennung des ersten Datentelegramms an dem zweiten Empfangsport zu einem zweiten Timer-Wert.

11. Datennetz nach Anspruch 10, wobei der mindestens eine Knoten Mittel zum Überschreiben des, der Kennung zugeordneten Adressbereichs und des gespeicherten Timer-Werts von dem ersten Datentelegramm mit den Nutzdaten und dem zweiten Timer-Wert des zweiten Datentelegramms aufweist.

12. Computerprogrammprodukt für einen Knoten in einem Datennetz zur Echtzeitkommunikation mittels, durch Kennungen gekennzeichneteter Datentelegramme mit folgenden Schritten:

- Empfang (15) eines ersten Datentelegramms mit einer Kennung an dem ersten Empfangsport zu einem ersten Timer-Wert;
- Speicherung (16) der Nutzdaten des ersten Datentelegramms im, der Kennung zugeordneten Adressbereich in einem Speicher des Knotens und Speicherung (16) des ersten Timer-Werts;
- Empfang (17) eines zweiten Datentelegramms mit der Kennung des ersten Datentelegramms an dem zweiten Empfangsport zu einem zweiten Timer-Wert.

## Zusammenfassung

Empfang von Datentelegrammen in Kommunikationssystemen mit redundanten Netzwerkpfaden

5

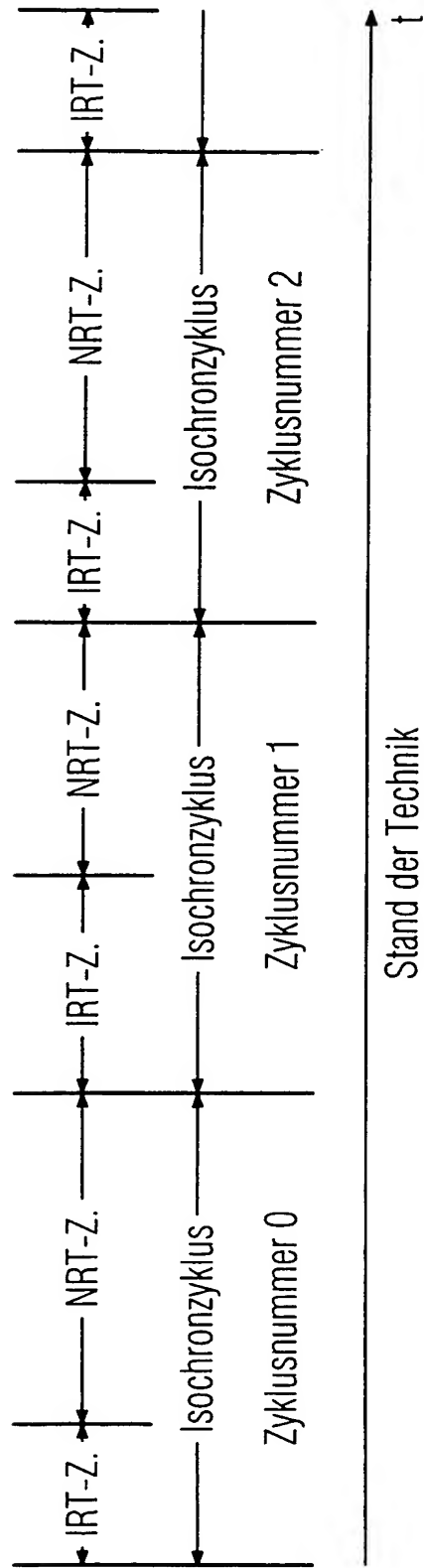
Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Empfang von Datentelegrammen in Kommunikationssystemen mit redundanten Netzwerkpfaden. Die Empfangsdaten des Peripherieabbilds werden zu einem Knoten auf mindestens zwei unterschiedlichen Netzwerkpfaden geleitet. Dadurch kann in einem Speicher (13) des Knotens selbst dann ein konsistentes Peripherieabbild gespeichert werden, wenn die Datenübertragung auf einem Netzwerkpfad gestört ist.

10

15 FIG 3

20

FIG 1



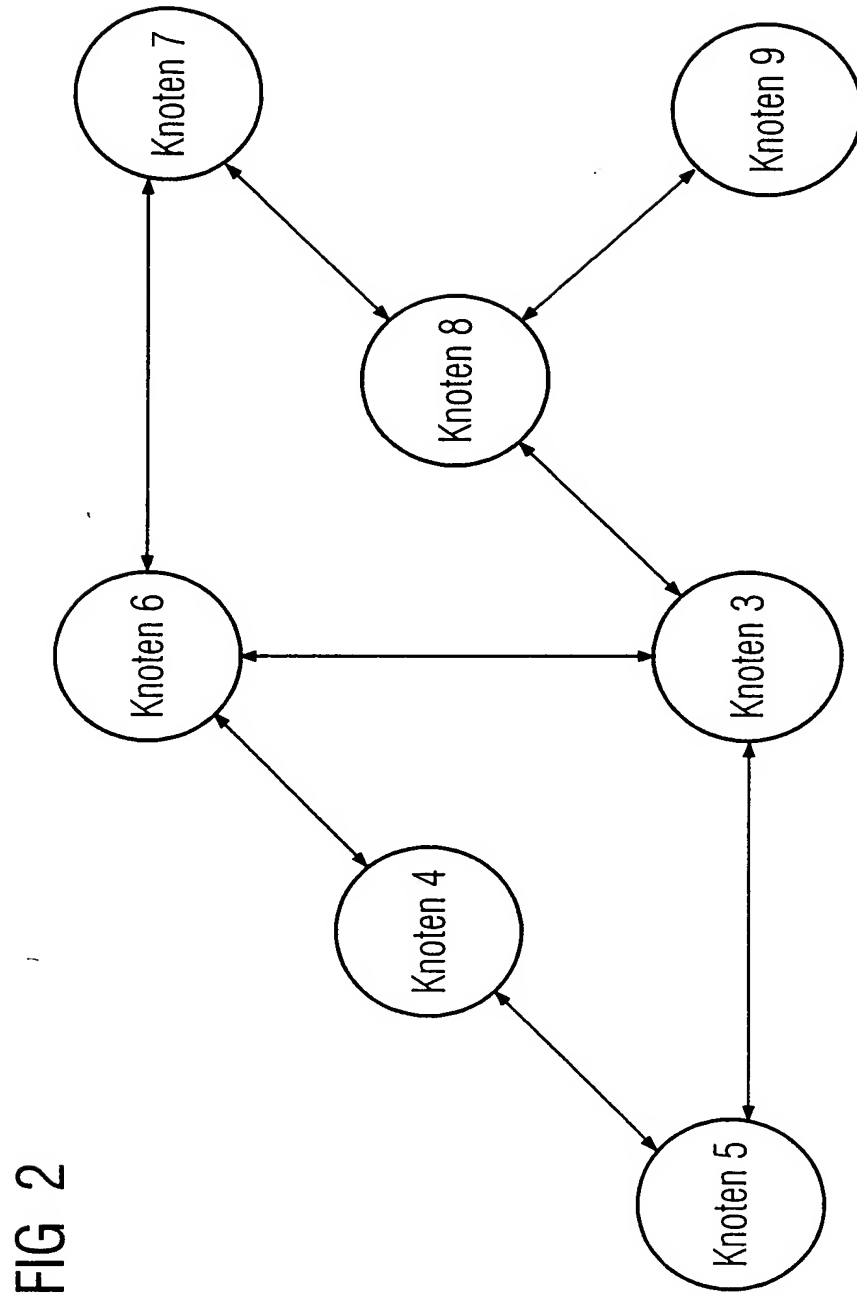


FIG 3

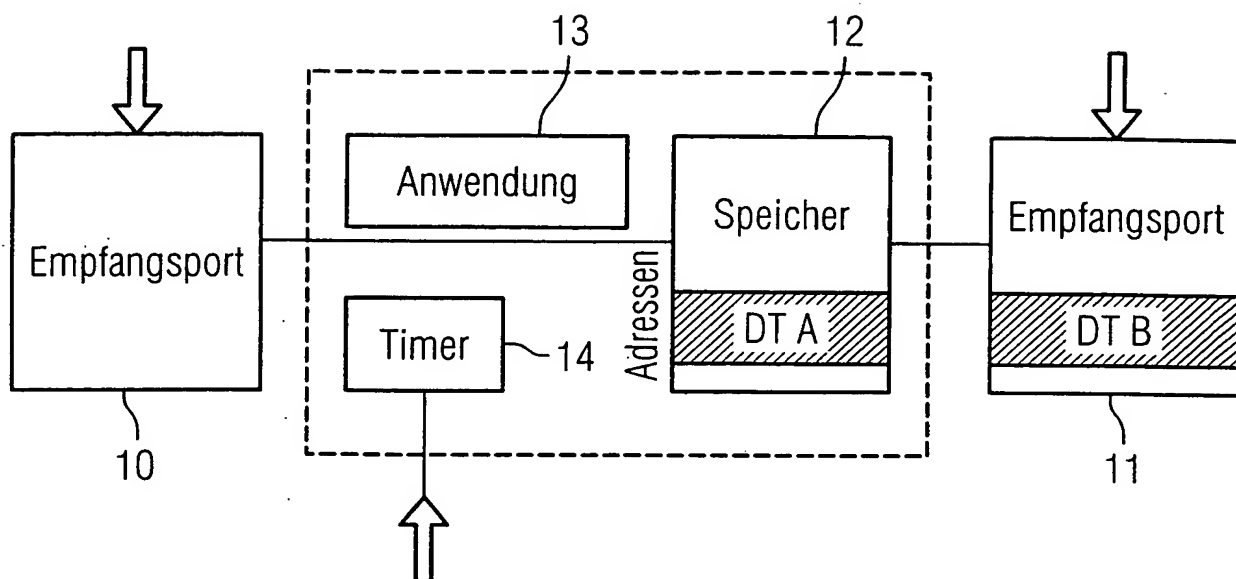


FIG 4

